

## Дослідження властивостей харчових волокон в молочних сумішах з модифікованим жировим складом

О. В. Грек, А. В. Тимчук, С. П. Циганков, О. А. Савченко, К. В. Овсієнко, О. М. Очколяс

*Представлено дослідження властивостей харчових волокон різного ступеня оброблення в молочних сумішах з модифікованим жировим складом для запобігання витікання молочного жиру.*

*Встановлено технологічні характеристики пшеничних харчових волокон Вітацель, борошна пшеничного екструдованого та шроту з плодів шипшини, а саме здатність до волого- та жиропоглинання і та набухання. Найвище значення жиропоглинальної здатності було визначено для харчових волокон Віцеталь на рівні ( $59,0 \pm 0,5$  %). Визначено оптимальні параметри набухання рослинних інгредієнтів: температура –  $(40 \pm 2)$  °C, тривалість – 30...40 хв.*

*Методом ІЧ-спектроскопії ідентифіковано та порівняно форми зв'язку води в сумішах харчових волокон з водою та масляною. Встановлено, що спектри пропускання ІЧ-променів для дослідних зразків мають однотипний характер. Це свідчить про утворення Н-зв'язаних поліасоціатів води з гідрофільними функціональними групами дисперсної системи, за рахунок яких відбувається гідратація та набухання вуглеводів харчових волокон.*

*За показниками термостійкості та витікання рідкого жиру встановлено раціональну кількість харчових волокон в сумішах з максимально можливою (до 25 %) заміною вершкового масла на олію з плодів шипшини. Для зразків, що містять Вітацель у кількості 0,3 % та шрот з шипшини – 2,0 % ступінь витікання жиру зафіксована на рівні 19,1 %. Достатньо низький цей показник є результатом взаємодії харчових волокон різного ступеня оброблення з водною та жировою фазами молочних сумішей. Заміна частини молочного жиру олією у виробництві продуктів модифікованого жирового складу призводить до зміни консистенції та зниження стійкості в процесі маслоутворення і диспергуванням води в готовому продукті. Додавання харчових волокон, як технологічних інгредієнтів забезпечує необхідну консистенцію сумішей з модифікованим жировим складом*

*Ключові слова: суміші, харчові волокна, олія та шрот з шипшини, волого- та жиротримувальна здатності*

### 1. Вступ

Молочні продукти з модифікованим жировим складом є незамінними в раціонах харчування населення багатьох країн. Розширення асортименту дозволяє підвищити ступінь і комплексність застосування жирів різного походження в якості сировини і забезпечити споживачів продуктами із збалансованим жирнокислотним і вітамінним складом та зниженим вмістом холестерину [1].

Актуальним є удосконалення якісних показників продуктів з модифікованим складом шляхом розроблення композицій жирових сумішей виключно з молочного жиру (у вигляді вершкового масла або вершків) та олій без використання замінників молочного жиру. Олії є джерелом не тільки поліненасичених жирних кислот, але й природних антиоксидантів, не містять трансізомерів [2]. Також можливе збагачення таких продуктів рослинними інгредієнтами з поліфункціональними властивостями в функціонально значимих кількостях. Як правило, ефективність таких складових корелюється з об'ємами та способом внесення. Тому особливу увагу необхідно приділяти питанню підготовки рослинних інгредієнтів до рівномірного розподілу в сировині. Для цього необхідно оцінити структурний стан всіх компонентів, вибрати стадію в технологічному процесі, режими та кількості для внесення. Врахувати комерційну форму препарату (у вигляді розчину, емульсії, сухого порошку, гранул), вміст речовин (імобілізований препарат на носії, композиція, концентрат) та технологічні властивості (жиро– та водоутримувальна здатності, набухання в різних середовищах) та інше.

Заміна частини молочного жиру оліями у виробництві продуктів з модифікованим жировим складом призводить до зміни консистенції готового продукту. Відмінності в природі жирів пов'язані зі зміною процесу спільної кристалізації під час термомеханічного впливу, що відображається на структурних показниках [3]. Для продуктів МЖС пониженої жирності додатково виникає проблема зі стійкістю в процесі маслоутворення і диспергуванням вологи, а також можливе зниження пластичності, витікання рідкого жиру з моноліту або поява надлишкової твердості [4, 5].

Відповідність якісних показників продуктів досягається використанням різноманітних стабілізаторів, емульгаторів та іншого [6, 7], що викликає додаткові витрати на виробництво. Такі інгредієнти виконують певну технологічну функцію, але не збагачують продукт.

У зв'язку з цим, актуальним є не тільки розширення асортименту, а й удосконалення технології продуктів модифікованого жирового складу з наповнювачами. Цього можна досягти за рахунок внесення компонентів рослинного походження з поліфункціональними властивостями – екструдатів та харчових волокон [8].

Доцільним є дослідження рецептурних складових – продуктів переробки шипшини – у вигляді олії та шроту. Ймовірно, комплексне використання таких інгредієнтів може максимально забезпечити специфічні споживчі та якісні властивості готовим виробам.

Існує практика використання в молочних продуктах харчових волокон (ХВ) з вологоутримуючою здатністю для підвищення в'язкості [9]. Актуальним для стабілізації консистенції молочних сумішей модифікованого жирового складу (МЖС) є підбір та додаткове дослідження ХВ з високою жироутримувальною здатністю.

Для обґрунтування технологій молочних сумішей МЖС з харчовими волокнами необхідно вирішити декілька проблем. Підбір рослинних інгредієнтів спеціально оброблених для забезпечення та/або виконання технологічних фун-

кцій (в тому числі жирутримування) є необхідним. Визначення максимально можливого вмісту олій в продуктах з МЖС, що не погіршує консистенцію готового продукту – не призводить до витікання рідкого жиру є першочерговим завданням.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

В роботах [1, 10] наведена інформація щодо складу та підходів у розробленні технологій продуктів модифікованого жирового складу (в основному спредів). До рецептур можуть входити масло вершкове, замінники молочного жиру, маслянка, відновлене у воді сухе знежирене молоко та ін. При їх виробництві використовуються різні олії, жири і їх композиції, які підбираються з урахуванням їх якісних показників, вартості і доступності [11].

Важливим критерієм якості молочних продуктів з МЖС є здатність зберігати протягом тривалого часу дрібнокристалічну структуру і однорідну пластичну консистенцію в широкому діапазоні температур. Для отримання таких властивостей продукту необхідно мати жирову основу, що містить широку гаму тригліцеридів. Це можливо досягти оптимізацією співвідношення жирів – молочного та рослинного [7].

Існує проблема економічної і сировинної доступності складових молочних продуктів, пов'язана з відсутністю науково-обґрунтованих рекомендацій з їх використання. Виникає необхідність часткової або повної заміни їх на вітчизняну сировину рослинного походження різного ступеня оброблення.

Варіантом вдосконалення хімічного складу та консистенції продуктів з МЖС є введення технологічних інгредієнтів. Саме такий підхід використаний в роботі [12] сприяє підвищенню харчової цінності за рахунок рослинних жирів, білків, вуглеводів, які легко засвоюються, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин тощо. Більшість спеціалістів з харчування вважають, що раціон дорослої людини повинен містити не менше 30...40 г ХВ [13].

Існує технологія на спред дитячий в рецептурах якого крім масла вершкового представлені соняшникова та кукурудзяна олії в кількості 10 % [14]. Існує інформація, що підвищення вмісту олій призводить до появи вади – витікання жиру з моноліту [15].

Додавання олії здійснюється для корегування якісних показників жирової суміші як основи продуктів з модифікованим жировим складом (наприклад зменшення вмісту трансізомерів).

Доцільним в молочній промисловості є використання олії та ХВ, отриманих з багаторічних рослин, що мають достатню сировинну базу і можливості для комплексного використання [16].

Так, олія шипшини містить насичені жирні кислоти, вітаміни С і А, токофероли, каротиноїди, мікроелементи – марганець, мідь, стронцій, молібден, а також макроелементи – залізо, магній, калій, кальцій, фосфор [17]. Такий склад забезпечує можливості використання олій в спредах по типу дитячого. Істотне забарвлення – рожеве, яке при поєднанні з маслом вершковим змінює колір суміші, – є перевагою для використання в композиціях. Для запобігання виникненню вад, додаткових досліджень потребує визначення максимальної кількос-

ті (понад 10 %) олії при залученні технологічних інгредієнтів з підвищеною жирутримуючою здатністю – ХВ спеціально оброблених.

Шипшина (*Rosa canina* L.) є також джерелом ХВ, плоди якої широко використовуються для виробництва лікарських препаратів та спеціальних харчових продуктів.

Шрот з *Rosa canina* L. отримують в результаті вилучення олії з плодів шипшини пресуванням або іншими способами [18].

Вміст флавоноїдів (у перерахунку на рутин) у шроті із плодів шипшини складає 380 мг/100 г. Флавоноїди представлені агліконами флавонолів у вигляді кверцетину (1,3...11,5 мг/100 г) і кемпферолу (0,3...6,5 мг/100 г). Крім того, глікозидами флавонолів – рутином (3...4,9 мг/100 г) і гіперозиду (1...3 мг/100 г), катехінами в кількості (58...78 мг/100 г) [19]. У мінеральному складі шроту із плодів шипшини відзначено високий вміст калію і незначний натрію та магнію.

До функціонально-технологічних властивостей вище вказаних ХВ можна віднести жиру- та вологоутримувальну здатності, розчинність різного ступеня, вже раніше відзначену сумісність із молочною сировиною на рівні органолептичної оцінки, відповідні реологічні характеристики [20]. Саме жирутримувальну здатність деяких ХВ, що пройшли спеціальну обробку, при поєднанні з модифікованою жировою сумішю, можливо розглядати в якості запобіжника виникненню вади – витікання рідкого жиру.

Вітацель – це натуральний рослинний продукт виготовлений із вегетативної частини пшениці, що має високі жиру- і вологоутримувальні властивості. Такі харчові волокна широко застосовуються у м'ясній промисловості для стабілізації систем [21].

Враховуючи вище зазначене, можна спогнозувати перспективність застосування Вітацель WF400 у виробництві молочних продуктів з модифікованим жировим складом, а саме спредів, для зв'язування олії і збагачення.

Потребує додаткових досліджень етап підготовки та внесення в молочну основу (в тому числі з підвищеним вмістом жиру) ХВ в залежності від їх технологічних можливостей (жирутримувальний агент та/або збагачувач).

Важливо враховувати сорбційні властивості рослинних полісахаридних комплексів при дослідженні механізму їх взаємодії з вологою (маслянка та вода), що є рецептурною складаовою продуктів. Сорбцію води ХВ слід розглядати, як поглинання полімерним сорбентом полярного сорбата – води, зі змінною структури і властивостей полімера. У зв'язку з цим, доцільно визначити вплив температури на процес сорбції води харчовими волокнами (шротом з плодів *Rosa canina* L., борошном пшеничним екструдованим (БПЕ) та Вітацель). Процес набухання залежить від виду сировини, ступеня дисперсності, виду і концентрації розчинника, температури та інших параметрів [9, 22]. Виникає необхідність додаткових досліджень стану води та жиру в сумішах з МЖС при додаванні ХВ.

Взаємозв'язок води з присутніми компонентами сумішей визначає стійкість продуктів при зберіганні, що є одним з найважливіших показників якості. Загальна вологість вказує на кількість води, але не характеризує її відношен-

ня до хімічних, біохімічних і мікробіологічних змін у продукті. В забезпеченні стійкості при зберіганні важливу роль відіграє співвідношення вільної і зв'язаної вологи. Позитивного ефекту, ймовірно, можна досягти, якщо додати ХВ, що мають волого- та жирутримувальну здатність. Таке ствердження потребує додаткових досліджень, щодо конкретних сумішей МЖС.

Основними процесами перетворення молочно-жирової дисперсії є кристалізація гліцеридів, що проходить спочатку в жирових кульках, а потім в розплавленому жирі шляхом обернення фаз і структурування продукту. Це пов'язані процеси, які у короткі проміжки часу і забезпечують певні реологічні характеристики спредів. Відомо, що механічні властивості твердих тіл обумовлені їх кристалічною будовою і зчепленням за рахунок дії сил Ван-дер-Ваальса. При цьому утворюється коагуляційна структура через тонкі прошарки дисперсійного середовища, що визначає їх низьку міцність, пластичність і специфічну властивість – тиксотропію, тобто здатність самоцільно відновлюватися. Чим менший прошарок рідкого середовища (можливий позитивний вплив ХВ з вологоутримуючою здатністю), тим більші молекулярні сили взаємодії і тим міцніша структура. Тому, при розробленні рецептур продуктів з модифікованим жировим складом, необхідно враховувати співвідношення між твердою і рідкою фазами, дисперсність кристалічного жиру, характеру зв'язку між дисперсними частинками. Відповідні залежності є показником утворення стабільних пластичних властивостей [10, 15, 23].

Важливими фізико-хімічними показниками жирів різного походження, які використовують при виробництві продуктів з МЖС, є температура плавлення, твердість і вміст твердої фази [24].

Реальною проблемою є відсутність комплексного підходу до вирішення завдань, визначених в рамках огляду. Тому, доцільним є проведення досліджень функціонально-технологічних властивостей різних ХВ у вигляді шроту з плодів *Rosa canina* L., БПЕ та спеціально оброблених ХВ Вітацель. Основою є суміші модифікованого жирового складу з максимально можливою заміною молочного жиру на олію без втрати необхідної консистенції.

### **3. Мета і завдання дослідження**

Метою роботи є дослідження властивостей харчових волокон різного походження (пшениця, шипшина) та ступеня оброблення в молочних сумішах з модифікованим жировим складом для запобігання виникнення вад консистенції продукту.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- дослідити технологічні властивості харчових волокон для використання в якості складових продуктів;
- встановити форми зв'язків вологи в сумішах з харчовини волокнами;
- визначення максимально можливої заміни вершкового масла на олію в сумішах з харчовими волокнами.

#### 4. Матеріали та методи дослідження харчових волокон в молочних сумішах з модифікованим жировим складом

До різних сумішей з модифікованим жировим складом передбачено внесення вершкового масла з масовою часткою жиру 73 %, олії та шроту з плодів *Rosa canina L.*, харчових волокон Вітацель, борошна пшеничного екструдованого та маслянки.

Олія *Rosa canina L.* виготовлена згідно ТУ У 15.8-32062796-001:2007 [25].

Шрот з плодів *Rosa canina L.* застосовується в раціонах при дієтичному харчуванні як додаткове джерело ХВ та каротиноїдів, вітамінів, пектину, органічних кислот, флавоноїдів [17].

Вітацель WF400 (виробник J.Rettenmaier Sohne GmbH, Німеччина) – харчові волокна до 90 % часток з середнім розміром <300 мкм, отримані фізико-механічним способом із вегетативної частини пшениці, з нейтральним смаком і запахом. В складі ХВ переважає целюлоза – 72,0 %. Загальний вміст целюлози та геміцелюлоз у волокнах становить  $98,0 \pm 0,5$  %. Вітацель WF400 має активності води – 0,44 та капілярну структуру, тому приєднання вологи та олії відбувається як з поверхні волокон так і всередині капілярів, з міцним її утримуванням. Вологоутримуюча здатність зафіксована на рівні 11 г на 1 г продукту, а абсорбція жиру – 12 г відповідно [26].

Борошно пшеничне екструдоване виготовляється в Україні згідно ТУ У 00883403.002-99 за екструзійною технологією. Поєднання термо-, гідро- і механічної обробки борошна пшеничного дозволяє отримувати продукт із заданими і стабільними властивостями. БПЕ має наступні показники: рН 6,4; масова частка, у %: білка – 11,9, жиру – 2,3, вуглеводів – 68,2, клітковини – 1,2 [21].

В процесі екструзії борошна пшеничного відбувається руйнування в молекулах білка вторинних зв'язків, що призводить до збільшення кількості пептидів і вільних амінокислот у вихідному продукті. Складні білки і вуглеводи розпадаються на більш прості, клітковина – на вторинний цукор, крохмаль – на прості цукри. Відмінними особливостями БПЕ є високий вміст білка та низький вміст жиру, підвищені емульгуючі, волого- та жиротримувальні властивості [27, 28].

Всі вище охарактеризовані ХВ були використані в модельних зразках та сумішах для продуктів з МЖС.

В якості факторів, що мають суттєвий вплив на показники сумішей з максимальною заміною вершкового масла олією у кількості 25 % є:  $C_1$  – кількість ХВ Вітацель, %,  $C_2$  – кількість шроту шипшини, %. Верхній рівень фактора  $C_1$   $\max=0,6$ , нижній рівень фактора  $C_1$   $\min=0,1$ , а для  $C_2$  відповідно  $\max=3,5$ ,  $\min=1$ .

План та результати ПФЕ 2<sup>2</sup> для сумішей МЖС з максимальною заміною вершкового масла олією *Rosa canina L.* у кількості 25 % представлено в табл. 8.

Точність отриманих результатів забезпечується трьохкратною повторюваністю дослідів та їх подальшим математичним обробленням за допомогою програм Microsoft Excel версія та STATISTIKA (StatSoft, страна).

Більш детально хід проведення експерименту, а також визначення та розрахунки, описано в роботі [29].

Таблиця 8

План та результати ПФЕ 2<sup>2</sup> для сумішей МЖС з максимальною заміною вершкового масла олією *Rosa canina* L. у кількості 25 %

Кількість дослідних зразків, j (N)	Значення фактору (склад дослідних зразків)				Значення виходу процесу, Y <sub>ij</sub> (параметр оптимізації)						Середнє значення	
	C 1	C 2	кількість ХВ Віцеталь, %	кількість шроту шипшини, %	ступінь витікання рідкого жиру (Y1 ), %			коефіцієнт термостійкості (Y2)			Ȳ <sub>1</sub>	Ȳ <sub>2</sub>
					Повторність, i (m)							
					1	2	3	1	2	3		
1	–	–	0,10	1,00	21,82	21,76	21,75	0,77	0,80	0,75	21,78	0,77
2	+	–	0,60	1,00	15,94	16,15	16,08	0,85	0,82	0,83	16,06	0,83
3	–	+	0,10	3,50	18,10	18,21	18,13	0,81	0,79	0,80	18,15	0,80
4	+	+	0,60	3,50	15,00	15,05	15,10	0,90	0,85	0,88	15,05	0,88
5	+	0	0,60	2,25	15,40	15,25	15,30	0,87	0,83	0,84	15,32	0,85
6	–	0	0,10	2,25	18,70	18,50	18,60	0,79	0,77	0,78	18,60	0,78
7	0	+	0,35	3,50	16,60	16,55	16,59	0,85	0,83	0,84	16,58	0,84
8	0	–	0,35	1,00	19,40	19,35	19,20	0,80	0,82	0,82	19,32	0,81

## 5. Результати дослідження властивостей харчових волокон в молочних сумішах з модифікованим жировим складом

### 5.1. Визначення технологічних властивостей харчових волокон для використання в якості складових продуктів

Результати визначення жирутримувальної здатності шроту з плодів *Rosa canina* L., БПЕ і Вітацель в розтопленому маслі вершковому та олії і вологоутримувальної здатності вище зазначених ХВ у воді та маслянці представлені на рис. 3.

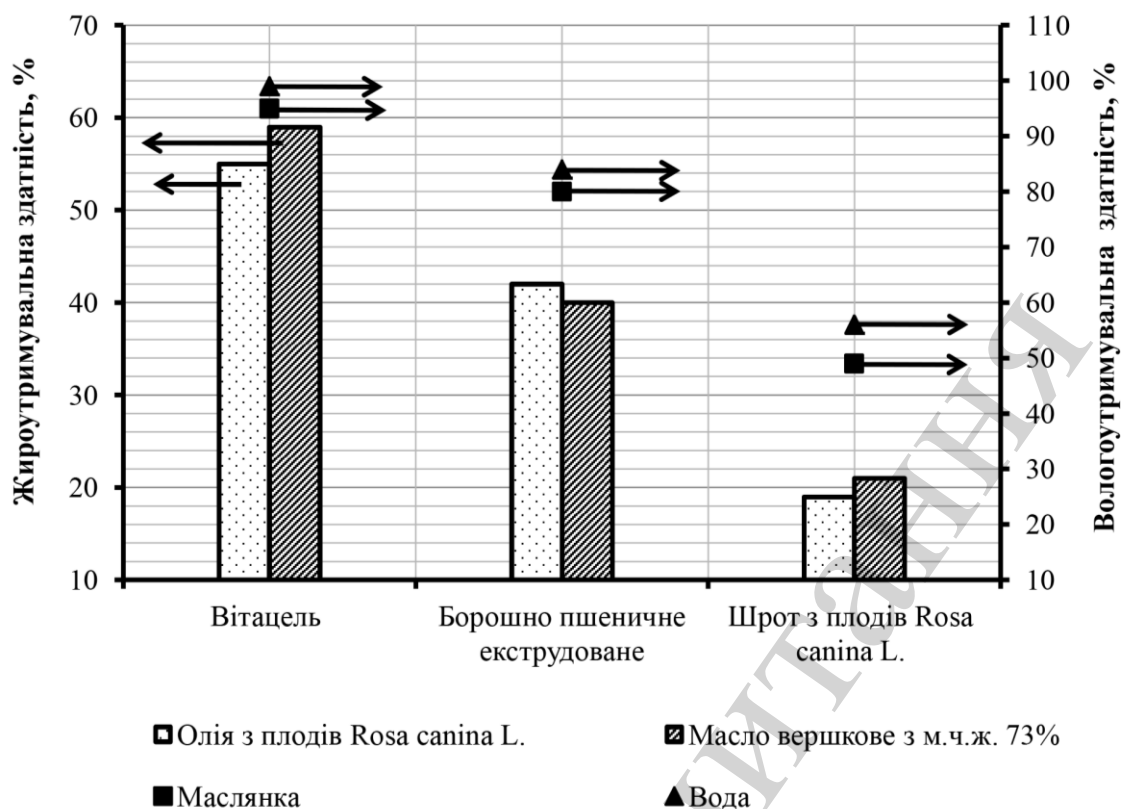


Рис. 3. Жиро– ( ← ) та вологоутримувальна ( → ) здатності шроту з плодів *Rosa canina L.*, БПЕ і Вітацель в різних середовищах

Згідно значень рис. 3, найвищою ЖУЗ вирізнялися Вітацель: у розтопленому вершковому маслі показник склав  $59,0 \pm 0,5$  %, в олії *Rosa canina L.* –  $55,0 \pm 1,0$  %. Водночас ці ХВ володіли високою ВУЗ: у воді –  $99,0 \pm 1,0$  % та у маслянці –  $95 \pm 1,0$  %. Даний ефект для Вітацель, згідно інформації виробника, є результатом спеціальної механічної обробки пшеничних харчових волокон – розкриття і розчинення структури волокна. Низьку здатність до утримання жиру і вологи зафіксовано для шроту *Rosa canina L.* на рівні  $21,0 \pm 0,5$  % (в маслі вершковому) і  $19,0 \pm 0,7$  % (в олії) та відповідно  $49,0 \pm 0,4$  % (в маслянці) і  $56,0 \pm 0,5$  % (у воді). Для борошна пшеничного екструдованого показники знаходяться в середині визначених діапазонів.

Збагачення такими харчовими волокнами, як шрот з плодів *Rosa canina L.*, є доцільним, а технологічний ефект (жиро– та вологоутримання) необхідно підсилювати додаванням БПЕ або Вітацель.

Кінетика набухання ХВ у маслянці представлена на рис. 4.

Згідно результатів досліджень (рис. 4), найбільш інтенсивне набухання проходить в перші 5 хв. При цьому коефіцієнт набухання у маслянці сягає 4,7 для Вітацель, для борошна пшеничного екструдованого – 3,65 та 2,25 для шроту з плодів *Rosa canina L.* відповідно. Слід звернути увагу на те, що раціональна тривалість набухання рослинних інгредієнтів становить від 15 до 20 хв., що виділено відповідною областю.

Результати дослідження ступеня набухання ХВ в маслянці від температури представлені на рис. 5.



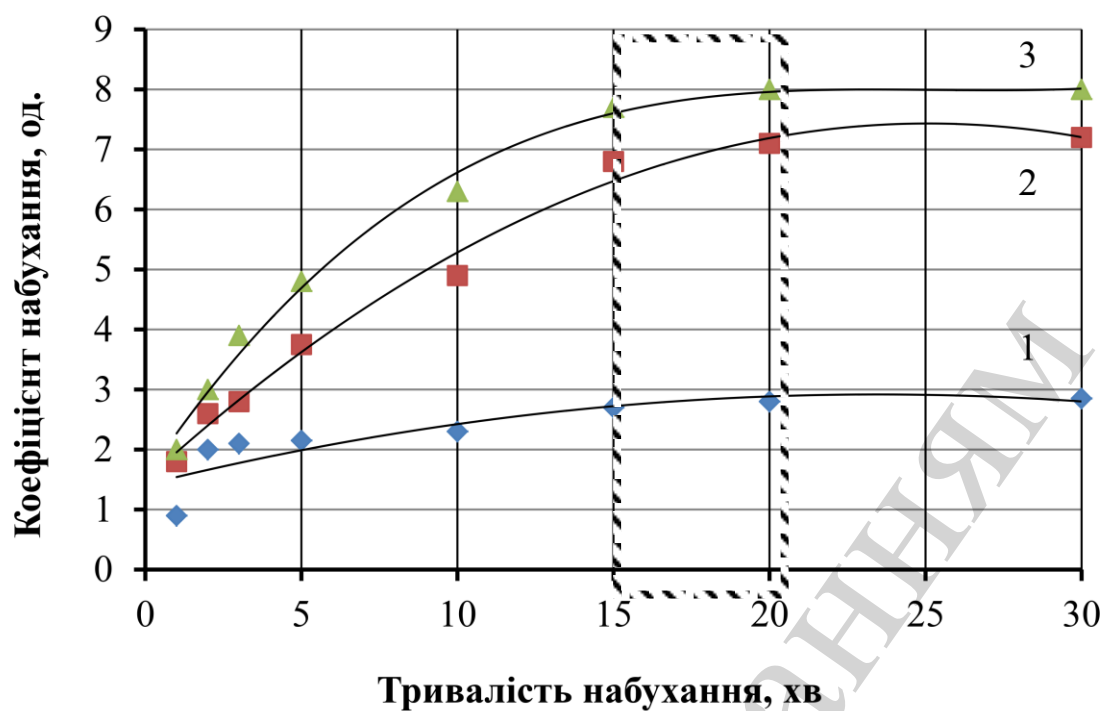


Рис. 4. Кінетика набухання шроту з плодів *Rosa canina* L. (1), борошна пшеничного екструдованого (2) та Вітацель (3) за температури  $20 \pm 2$  °C у маслянці

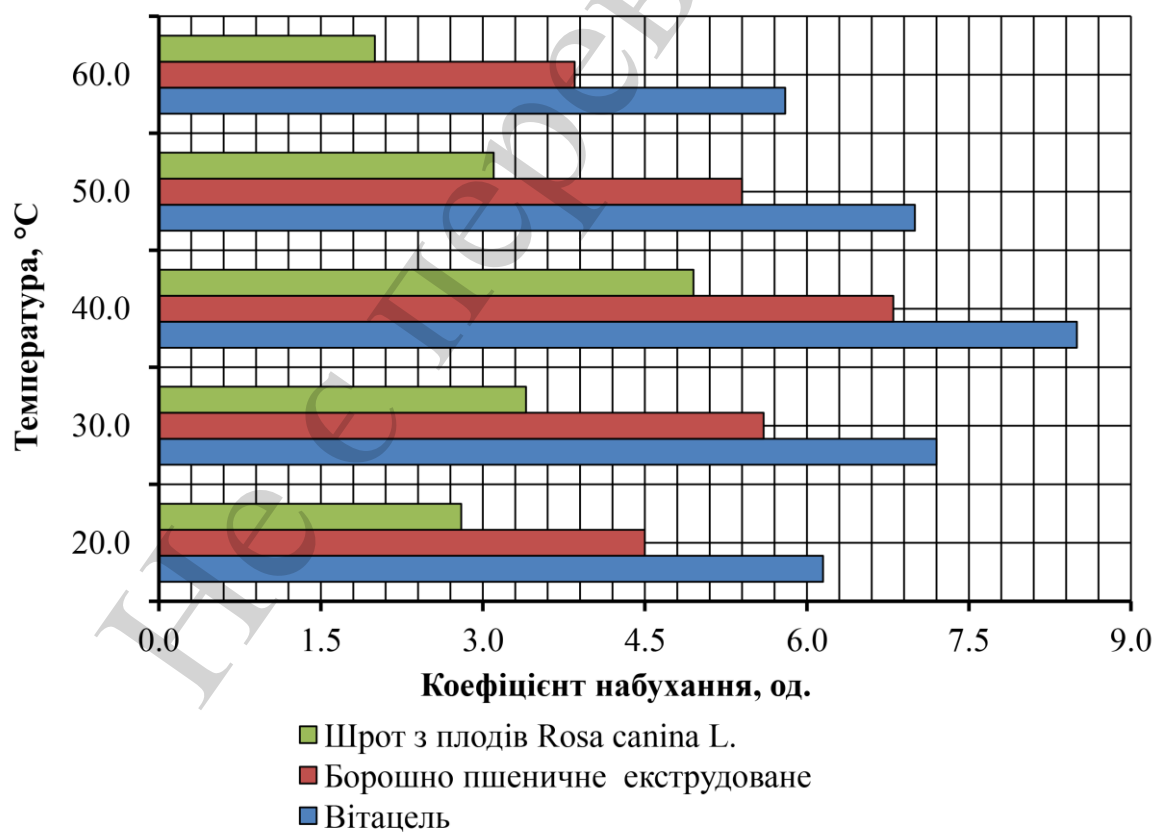


Рис. 5. Залежність ступеня набухання ХВ в маслянці від температури

При дослідженні впливу температури на конформаційні зміни харчових волокон різного ступеня оброблення (рис. 3) встановлено, що найвищі показники ступеня набухання спостерігаються за температури 40 °С. При цьому даний показник становить  $8,5 \pm 0,2$  для Вітацель, для БПЕ  $6,7 \pm 0,1$  та  $4,9 \pm 0,1$  для шроту з плодів шипшини відповідно.

## 5. 2. Встановлення форми зв'язків води в сумішах з харчовими волокнами

Інфрачервоні (ІЧ) спектри пропускання дослідних зразків отримані на FTIR-спектрофотометрі «Nexus», представлені на рис. 6.

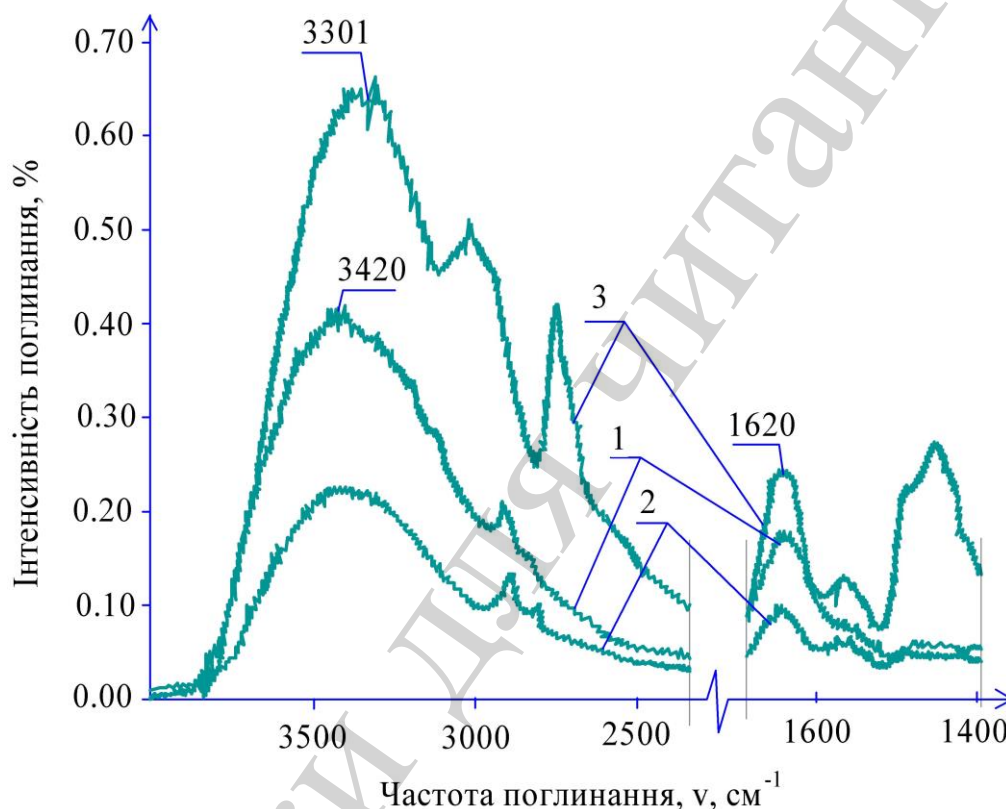


Рис. 6. ІЧ-спектри пропускання: 1 – борошно пшеничне екструдоване; 2 – борошно пшеничне екструдоване+вода (контроль); 3 – борошно пшеничне екструдоване+маслянка

ІЧ-спектри дослідних зразків сумішей БПЕ з масляною та водою (рис. 6) мають однотипний характер. Були порівняні спектри повітряно-сухого зразку борошна пшеничного екструдованого (1) із спектрами відповідних водно-рослинних (2) та рослинно-молочних (3) сумішей. Визначено, що в області ОН-валентних коливань спектрів зразку (3) (БПЕ та маслянки) спостерігаються відповідно дві смуги  $3402 \text{ cm}^{-1}$  та  $3301 \text{ cm}^{-1}$  (область органічно зв'язаної води). Ці смуги співвідносяться з двома типами Н-зв'язаної води. При взаємодії дисперсної фази та дисперсійного середовища змінюються властивості обох складових дисперсної системи.

### 5. 3. Визначення максимально можливої заміни вершкового масла на олію в сумішах з харчовим волокном

На рис. 7 наведені значення твердості молочних сумішей з МЖС при додаванні різних харчових волокон та олії.

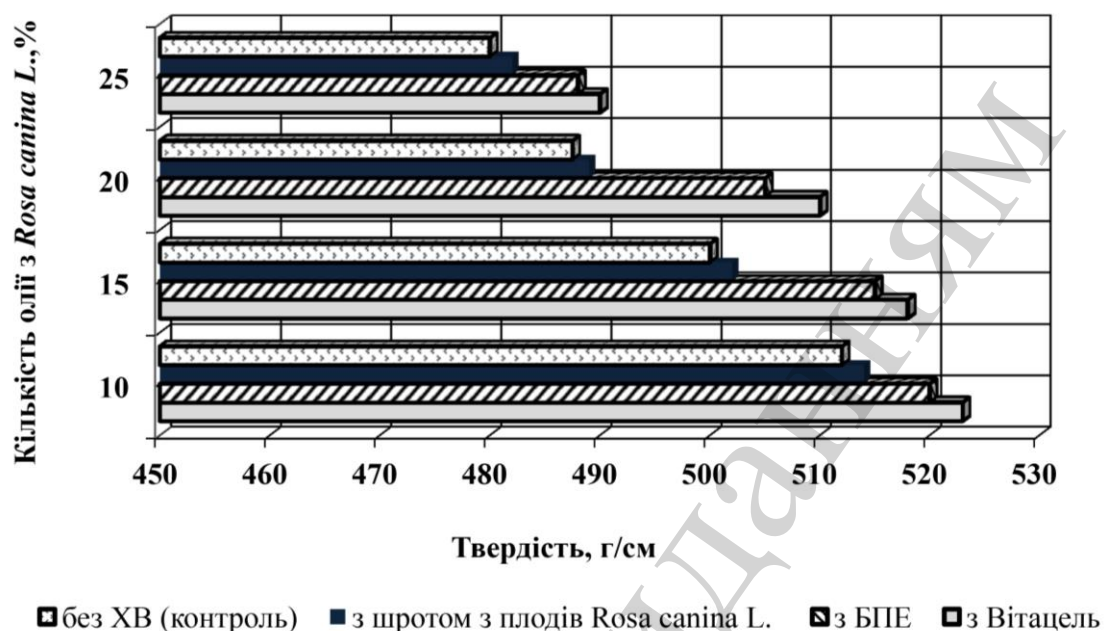


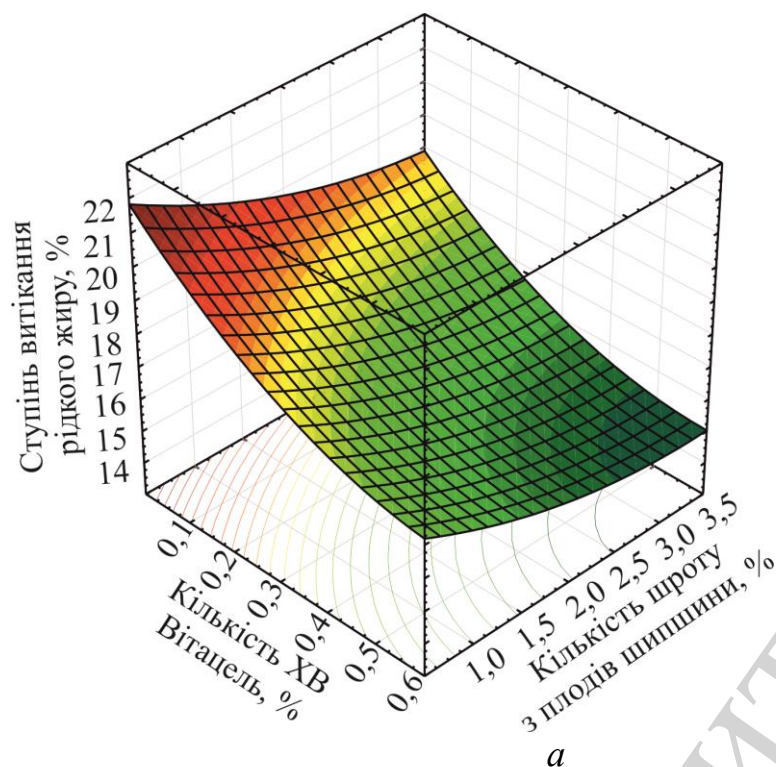
Рис. 7. Твердість молочних сумішей з МЖС з різною кількістю олії з *Rosa canina* L. та ХВ

Контроль – суміші без харчових волокон, але з різною кількістю олії від 10 до 25 %. Згідно результатів (рис. 7), найбільша твердість спостерігається в контрольному зразку з мінімальною заміною – 10 %. Незважаючи на майже однаковий вміст твердих тригліцеридів в контролі, присутність в жировій фазі різних харчових волокон (особливо Вітацель, як найбільш ефективних щодо жирутримання) позитивно впливає на текстуру молочних сумішей з МЖС.

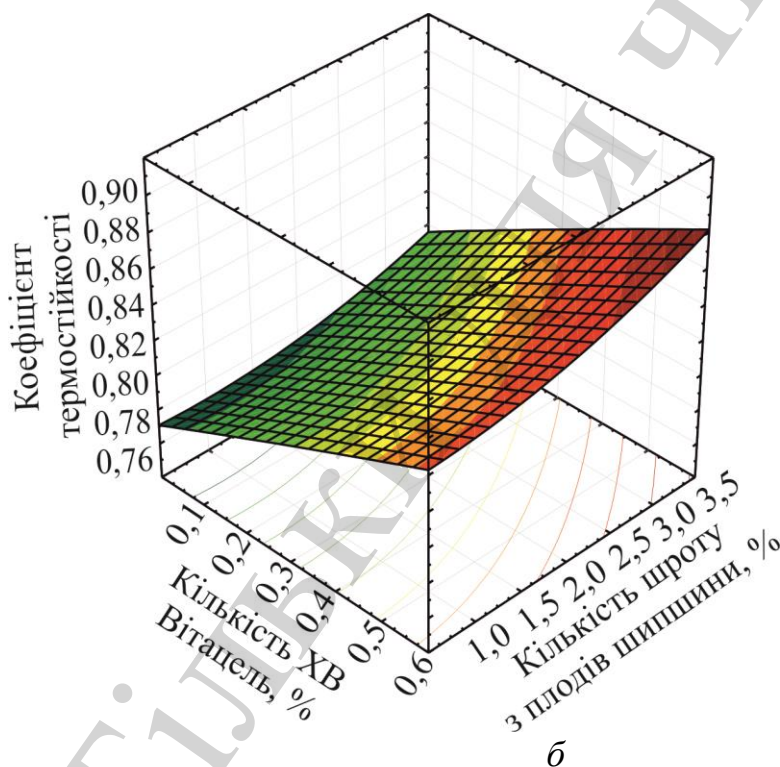
На наступному етапі були визначені показники ступеня витікання рідкого жиру та термостійкості сумішей вершкового масла з олією з *Rosa canina* L. в кількості 25 %. Вміст ХВ коливався в залежності від виду. Вітацель додавали в суміші від 0,1 % до 0,6 %, а шрот шипшини – від 1,0 % до 3,5 %. Для визначення оптимальної кількості Вітацель (з врахуванням максимального показника жирутримання) в поєднанні зі шротом шипшини (мінімальне значення ЖУЗ) застосований повнофакторний експеримент (ПФЕ).

За допомогою математично-статистичного оброблення експериментальних даних (п 4. 4) були отримані адекватні рівняння регресії для молочних сумішей з МЖС та ХВ.

Залежність ступеня витікання рідкого жиру ( $Y_1$ ) та коефіцієнту термостійкості ( $Y_2$ ) молочних сумішей МЖС з ХВ в кількостях Вітацель ( $C_1$ ) та шроту ( $C_2$ ) шипшини представлено на рис. 8, а, б)



$$Y_1 = \frac{16,63}{C_1^{0,1} \cdot C_2^{0,06}}$$



$$Y_2 = \frac{C_1^{0,04} \cdot C_2^{0,02}}{3,35}$$

Рис. 8. Поверхні відгуку та математичні моделі сумішей МЖС з різними ХВ ( $N=8$ ) для: а – ступеня витікання рідкого жиру; б – термостійкості

Згідно даних, максимальне значення ступеня витікання рідкого жиру на рівні 22,6 % спостерігається за найменшої масової частки ХВ (Вітацель). Збільшення кількості інших жирутривувальних інгредієнтів призводить до зворотнього ефекту. При цьому показник має мінімальне значення на рівні 15,8 % (для шроту).

Оптимум функції спостерігається для зразків (з максимально можливою заміною молочного жиру на олію з *Rosa canina L.* в кількості 25 %), що містять Вітацель у – 0,3 % та шрот з шипшини – 2,0 %. Ступінь витікання жиру становить 19,10 %. Достатньо низький показник є результатом взаємодії ХВ різного ступеня оброблення з водною та жировою фазами молочних сумішей МЖС.

## **6. Обговорення результатів дослідження властивостей харчовими волокнами в сумішах з модифікованим жировим складом**

Встановлено технологічні властивості (здатність до волого– та жируотримування, набухання) та механізми дії в сумішах МЖС харчових волокон. Ця інформація дає можливість використовувати Віцеталь, БПЕ та шроту з плодів шипшини для стабілізації структури і забезпечення відповідної консистенції продуктів.

Найвищі показники ступеня набухання в маслянці спостерігаються у зразках з Вітацель, дещо нижчі значення має шрот шипшини та борошно пшеничне екструдоване. Здатність останнього зв'язувати вологу при різних температурах залежить від поведінки білку і крохмалю. Білкові речовини поглинають більше вологи, в той же час, крохмаль володіє високим температурним коефіцієнтом набухання. При збільшенні тривалості контакту з вологою до 30 хв швидкість набухання уповільнюється. В результаті збільшення об'єму харчового волокна при набуханні в просторовій сітці ймовірно з'являється напруга, що і призводить до припинення набухання.

За низьких і помірних температурах – 20...40 °С набухання БПЕ відбувається переважно за рахунок гідратації білків. Підвищення температури понад 40 °С призводить до посилення цього процесу в результаті гідратації крохмалю. При збільшенні температури відбуваються процеси денатурації і розкручування поліпептидних ланцюгів білка. В результаті розгортання поліпептидних ланцюгів білка утворюються порожнини, в які спрямовується додаткова кількість осмотичної води, що підсилює ендотермічні реакції гідратації, а разом з цим, і процеси денатурації білка. Очевидно, що зміни, зумовлені цими процесами, знайдуть своє відображення у формуванні фізико-хімічних та споживчих показників молочних сумішей з МЖС з БПЕ. При підвищенні температури швидкість набухання збільшується, а ступінь набухання зменшується. В зв'язку з цим, підвищення температури набухання не доцільно. Механізм набухання для Віцеталь та шроту значно простіші і пов'язані в першому випадку з спеціальним способом оброблення, для збільшення поверхні харчових волокон, а в другому – механічного руйнування рослинної тканини.

Отримано дані про форми зв'язків, що виникають при взаємодії рослинних інгредієнтів з вологою молочної основи, а саме з маслянкою. Результати досліджень ІЧ-спектроскопії свідчать про утворення Н-зв'язаних поліасоціатів води з гідрофільними функціональними групами дисперсної системи, за рахунок яких відбувається гідратація та набухання вуглеводів БПЕ. Ймовірно, можна передбачити аналогічний механізм дії для всіх харчових волокон. За ІЧ-спектрального аналізу, смуга 3301 см<sup>-1</sup> належить воді, що органічно зв'язана з функціональними групами дисперсної системи, смуга 3402 см<sup>-1</sup> – поверхнево



адсорбованій воді. Це свідчить про утворення Н-зв'язаних поліасоціатів води з гідрофільними функціональними групами дисперсної системи, за рахунок яких відбувається гідратація та набухання вуглеводів БПЕ.

Важливим при конструюванні молочних сумішей з МЖС є значення показника твердості молочного жиру, який в певній мірі відображає вміст твердої фази та рідкої (олії) і зумовлює текстуру і консистенцію готового продукту. На цей показник позитивно впливає присутність в складі Вітацель. Даний ефект пояснюється високою жиротримувальною здатністю вище вказаних харчових волокон отриманих з вегетативної частини пшениці без використання хімічних реагентів за допомогою механічної обробки – шляхом розкриття і розчинення структури осередків волокна. Дещо вищі показники твердості на 5...7 % порівняно зі зразками, що містять Вітацель, мають суміші з додаванням БПЕ. Загалом до рецептур молочних сумішей МЖС, рекомендовано вводити до 25 % олії *Rosa canina L.* з обов'язковим додаванням ХВ різного ступеня оброблення для запобігання витікання рідкого жиру.

Аналізуючи отримані математичні моделі ступеня витікання рідкого жиру для прогнозування консистенції сумішей з МЖС та ХВ, можна зробити висновок, що кількість харчових волокон з високою жиропоглинальною здатністю (Вітацель) є найбільш значимим фактором. При цьому ступінь витікання рідкого жиру становить 19,10 %, що є результатом взаємодії харчових волокон з водною та жировою фазами молочних сумішей. Ймовірно, в системі утворюються додаткові коагуляційні зв'язки, які спричиняють формування вторинної просторової сітки, що відповідно дозволяє структурі утримувати рідкий жир. При цьому підвищується однорідність та пластичність. Термостійкість молочних сумішей з МЖС прямопропорційно залежить від співвідношення ХВ і обернено пропорційно від кількості внесеної олії з *Rosa canina L.* Оптимум коефіцієнта термостійкості знаходиться в межах 0,81...0,82, що відповідає кількості в молочних сумішей з МЖС харчових волокон Вітацель – 0,3 % та шроту з плодів шипшини – 2,0 %. Отримані значення входять в межі допустимих та корелюються з попередніми дослідженнями.

Експериментально доведено та обґрунтовано використання в сумішах МЖС харчових волокон в функціонально значимих кількостях для запобігання виникненню вад консистенції при комбінуванні вершкового масла з олією. Крім того, враховувались різний ступень оброблення борошна пшеничного екструдованого, пшеничних харчових волокон Вітацель та шроту з *Rosa canina L.*

Обмеженням для практичної реалізації результатів досліджень є сумісність рослинних інгредієнтів з молочною основою на органолептичному рівні.

Перспективи подальшого дослідження пов'язані з підбором інших рослинних складових з аналогічними властивостями для вирішення технологічних задач.

## 7. Висновки

1. Найвищу вологотримувальну здатність в маслянці мають пшеничні харчові волокна Вітацель –  $95 \pm 1,0$  %, а найнижчу зафіксовано для шроту з плодів шипшини на рівні  $49 \pm 0,4$  % у тому ж середовищі. Подібні закономірності спос-

терігалися при визначенні жирутримувальної здатності. Так, найвище значення зазначеного показника –  $(59,0 \pm 0,5 \%)$  мають харчові волокна Вітацель, у розтопленому вершковому маслі з масовою часткою жиру 73 %. В олії з плодів шипшини показник жирутримувальної здатності знаходиться на рівні –  $55,0 \pm 1,0 \%$ . Найвищий коефіцієнт набухання у маслянці спостерігався для Вітацель ( $4,7 \pm 0,1$ ), середній – для борошна пшеничного екструдованого ( $3,65 \pm 0,1$ ). Також встановлено раціональні параметри набухання для всіх рослинних інгредієнтів: температура –  $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , тривалість – 30...40 хв.

2. Згідно аналізу ІЧ-спектрів смуги деформаційних коливань полімерної адсорбції вологи, для зразків борошна пшеничного екструдованого з водою або масляною, знаходяться в області  $1700 \dots 1400 \text{ см}^{-1}$ . Їх відносна інтенсивність у 3 рази вища в порівнянні з вихідними зразками. Це вказує на те, що додавання борошна пшеничного екструдованого дає можливість збільшити кількість зв'язаної води в сумішах.

3. За результатами моделювання залежностей ступеня витікання рідкого жиру та коефіцієнту термостійкості встановлено раціональні співвідношення ХВ в сумішах. Передбачено заміну масла вершкового на 25 % олії та внесення Вітацель на рівні 0,3 %, шроту – 2,0 %.

## Література

1. Gandhi, K., Sarkar, P., Aghav, A. et. al. (2013). Modified Milk Fat and Its Applications in Food Products. Research & Reviews: Journal of Dairy Science and Technology, 5, 16–24.
2. Belemets, T., Yushchenko, N., Lobok, A., Radzievskaya, I., Polonskaya, T. (2016). Optimization of composition of blend of natural vegetable oils for the production of milk-containing products. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (11 (83)), 4–9. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81405>
3. Могилянська, Н. О. (2013). Рослинні олії – компонент функціональних молочних продуктів спеціального призначення. Харчова наука і технологія, 4, 17–20.
4. Guichard, E., Galindo-Cuspinera, V., Feron, G. (2018). Physiological mechanisms explaining human differences in fat perception and liking in food spreads-a review. Trends in Food Science & Technology, 74, 46–55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.010>
5. Могилянська, Н. О., Лисогор, Т. А. (2010). Визначення замінників молочного жиру в вершковому маслі та спредах. Харчова наука і технологія, 2, 71–76.
6. Tasneem, M., Siddique, F., Ahmad, A., Farooq, U. (2014). Stabilizers: Indispensable Substances in Dairy Products of High Rheology. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54 (7), 869–879. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.614702>
7. Савченко, О. А., Грек, О. В., Петрина, А. Б., Топчій, О. А, Красуля, О. О. (2018). Технології продуктів з модифікованим жировим складом: реалії та тенденції. Київ, 250.

8. Grek, O., Tymchuk, A., Chubenko, L., Ovsienko, K. (2017). Research of quality indicators of curd products on basis of protein-herbal clots. *Food and Environment Safety, Food and Environment Safety*, 4, 262–268.
9. Tsygankov, S., Grek, O., Krasulya, O., Onopriichuk, O., Chubenko, L., Savchenko, O. et. al. (2018). Study into effect of food fibers on the fermentation process of whey. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (91)), 56–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120803>
10. Mortensen, B. K. (2011). Butter and Other Milk Fat Products | Milk Fat-Based Spreads. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 522–527. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374407-4.00329-0>
11. ДСТУ 4599:2006. Жири рослинні та їх композиції для застосування під час виробництва спредів і сумішей жирових (2007). Київ: Держспоживстандарт України, 9.
12. Назаренко, Л. О. (2011). Ідентифікація якості та оцінювання конкурентоспроможності спредів, що реалізуються в Україні. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*, 1, 106–112.
13. Yangilar, F. (2013). The Application of Dietary Fibre in Food Industry: Structural Features, Effects on Health and Definition, Obtaining and Analysis of Dietary Fibre: A Review. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1 (3), 13–23.
14. ДСТУ 4557:2006. Продукти жирові для дитячого та дієтичного харчування. Спреди дитячі. (2008). Київ: Держспоживстандарт України, 18.
15. Rønholt, S., Mortensen, K., Knudsen, J. C. (2013). The Effective Factors on the Structure of Butter and Other Milk Fat-Based Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (5), 468–482. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12022>
16. Tsygankov, S., Ushkarenko, V., Grek, O., Tymchuk, A., Popova, I., Chepel, N. et. al. (2018). Influence of grain processing products on the indicators of frozen milk-protein mixtures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (96)), 51–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.147854>
17. Бурдо, О. Г., Юсеф, А. (2015). Пути повышения энергетической эффективности процессов переработки плодов шиповника. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*, 47, 118–121.
18. Евдокимова, О. В., Фукс, С. Г. (2011). Биологически активные вещества порошка из шрота плодов шиповника. *Товаровед продовольственных товаров*, 3, 54–56.
19. Петрова, С., Ивкова, А. (2014). Химический состав и антиоксидантные свойства видов рода *Rosa L.* (обзор). *Химия растительного сырья*, 2, 13–19. doi: <https://doi.org/10.14258/jcprm.1402013>
20. Cui, S. W., Nie, S., Roberts, K. T. (2011). Functional Properties of Dietary Fiber. *Comprehensive Biotechnology*, 517–525. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-088504-9.00315-9>
21. Прянишников, В. В., Миколайчик, И. Н., Гиро, Т. М., Глотова, И. А. (2016). Пищевая клетчатка в инновационных технологиях мясных продуктов. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 11, 24–28.



22. Субботина, М. А. (2009). Исследование процесса поглощения влаги и растворимости кедровой муки. *Техника и технология пищевых производств*, 3, 111–114.
23. Ивашина, О. А., Терещук, Л. В., Трубникова, М. А., Старовойтова, К. В. (2014). Исследование влияния компонентов молока на показатели качества растительно-сливочного спреда. *Техника и технология пищевых производств*, 1, 30–34.
24. Viriato, R. L. S., Queirós, M. de S., Neves, M. I. L., Ribeiro, A. P. B., Gigante, M. L. (2019). Improvement in the functionality of spreads based on milk fat by the addition of low melting triacylglycerols. *Food Research International*, 120, 432–440. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.082>
25. Негматуллоева, Р. Н., Дубцова, Г. Н., Байков, В. Г., Бессонов, В. В. (2010). Липидный комплекс продуктов переработки шиповника. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 42–44.
26. Gorlov, I. F., Giro, T. M., Pryanishnikov, V. V., Slozhenkina, M. I., Randelin, A. V., Mosolova, N. I. et. al. (2015). Using the Fiber Preparations in Meat Processing. *Modern Applied Science*, 9 (10), 54–64. doi: <https://doi.org/10.5539/mas.v9n10p54>
27. Балаева, Е. В., Краус, С. В. (2013). Совершенствование технологии производства кексов и маффинов с использованием крахмалосодержащего сырья. *Техника и технология пищевых производств*, 3, 3–8.
28. Краус, С. В., Балаева, Е. В., Бочагов, Е. А., Денисюк, И. А. (2012). Использование экструдированной пшеничной муки при производстве кондитерских изделий. *Хлебопродукты*, 8, 58–60.
29. Grek, O., Tymchuk, A., Tsygankov, S., Savchenko, O., Ovsienko, K., Ochkolyas, O. (2019). Determination methods of food fibers characteristics in milk mixtures with the modified fat composition. *EUREKA: Life Sciences*, 4, 45–53. doi: <http://dx.doi.org/10.21303/2504-5695.2019.00963>